

解答はすべて「解答用紙」の指定された箇所に記入せよ。

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：**H=1.0, Li=7.0, B=11, C=12, N=14, O=16, Na=23,**
S=32, K=39, Cl=35.5, I=127

アボガドロ定数： **$6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$**

気体定数： **$8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L} / (\text{K}\cdot\text{mol})$**

ファラデー定数： **$9.65 \times 10^4 \text{ C} / \text{mol}$**

セルシウス温度目盛りのゼロ点 **$0^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$**

『余 白』

1

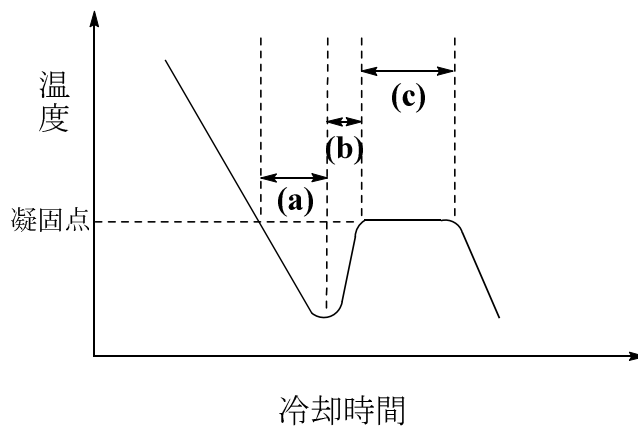
問1 次の(1)～(7)の問いについて、正しいものを1つ記号で答えよ。(14点)

(1) 次の記述に最も関係の深い法則はどれか。

硫黄 16 g と酸素 16 g が完全に反応すると、二酸化硫黄 32 g を生じる。

- (ア) 定比例の法則
- (イ) 倍数比例の法則
- (ウ) 質量保存の法則
- (エ) アボガドロの法則
- (オ) 質量作用の法則

(2) 純粋な溶媒を冷却したときの温度と冷却時間の関係をグラフにしたところ、以下ようになった。固体と液体が混ざっている区間はどれか。



- | | | |
|-------------|-------------|-----------------|
| (ア) (a) | (イ) (b) | (ウ) (c) |
| (エ) (a)+(b) | (オ) (b)+(c) | (カ) (a)+(b)+(c) |

(3) 次の気体と捕集方法の組み合わせのうち、最も適切なものはどれか。

	気体	捕集方法
(ア)	塩化水素	上方置換
(イ)	メタン	下方置換
(ウ)	アンモニア	下方置換
(エ)	一酸化窒素	水上置換
(オ)	二酸化窒素	水上置換

(4) 次のアルミニウムに関する記述のうち、正しいものはどれか。

- (ア) アルミニウムは遷移元素である。
- (イ) 2価の陽イオンになりやすい。
- (ウ) 水酸化物は両性水酸化物で、塩酸やアンモニア水に溶解する。
- (エ) イオン化傾向は亜鉛に比べて大きい。
- (オ) アルミニウムと少量の銅、マグネシウムとの合金をアマルガムとよぶ。

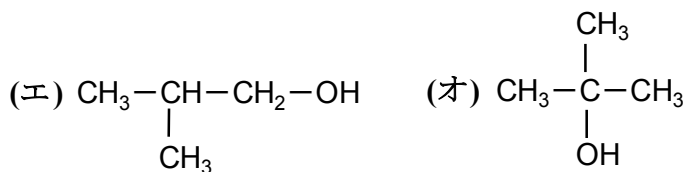
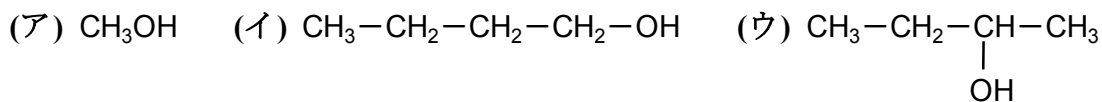
(5) 二酸化炭素 CO_2 の生成熱 [kJ] として、最も近い値はどれか。ただし、黒鉛 C の燃焼熱は 394 kJ である。

- (ア) 187 (イ) 394 (ウ) 465 (エ) 543 (オ) 624

(6) 次の化合物のうち、アセチレンへの付加反応のみを用いて合成できるものはどれか。

- (ア) 酢酸ビニル (イ) 無水酢酸 (ウ) ジクロロメタン
(エ) 尿素 (オ) ホルムアルデヒド

(7) 次のアルコールのうち、適当な酸化剤を用いて酸化するとケトンを生成するものはどれか。



『余 白』

下書き用紙

2

次の記述を読んで、問い（問2～問6）に答えよ。

（32点）

液体中に他の物質が溶けて、均一に混じりあうことを溶解という。他の物質を溶かしている液体を〔ア〕、溶け込んだ物質を〔イ〕という。

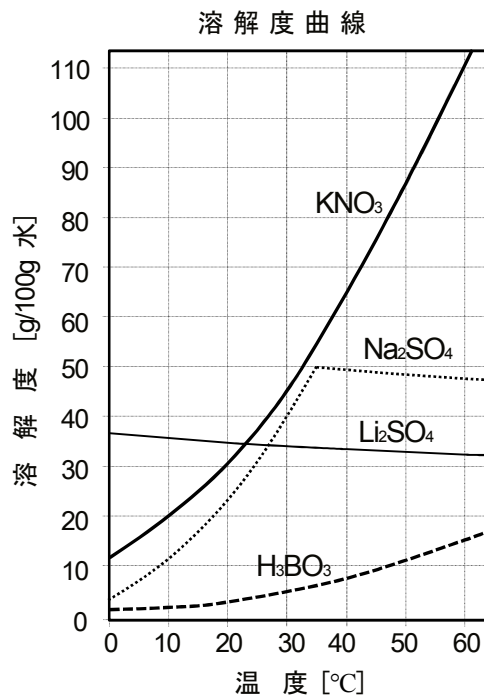
塩化ナトリウムの結晶を水に加えると、まず、水分子中の負に帯電した酸素原子が結晶表面の Na^+ イオンに引き寄せられて結合する。一方、水分子中の正に帯電した水素原子が Cl^- イオンに引き寄せられて結合する。このように水分子がイオン、分子と結合することを〔ウ〕という。〔ウ〕を介して、塩化ナトリウム結晶中のイオン結合が切れて、イオンが水の中に拡散し、溶解が起こる。

溶け出したイオンの濃度が高くなると、それらが固体表面に取り込まれるようになり、やがて、単位時間に固体表面から溶け出す量と表面に取り込まれる量が等しくなる。このような状態を〔エ〕といい、その溶液を〔オ〕溶液という。

〔エ〕が成立する状態で、一般に **100 g** の〔ア〕に溶解する〔イ〕の最大質量〔g〕を溶解度という。

各種物質の水に対する溶解度曲線を右図に示す。溶解度は温度によって変化し、その変化の程度は物質によって大きく異なっている。硫酸ナトリウム Na_2SO_4 のように、温度によって析出する結晶が異なるために、溶解度曲線が折れ曲がる物質もある。物質によって異なる溶解度の差を利用して、不純物を除去し、精製する操作を〔カ〕という。

不純物としてホウ酸 H_3BO_3 のみを含む硝酸カリウム KNO_3 の粉末 **A** がある。(i) 温度 50°C の水 100 g に粉末 **A** の 80 g を溶解させたころ、粉末 **A** は完全に溶解した。



問2 文中の [ア] ~ [カ] に適切な語句を記入せよ。

問3 硝酸カリウム KNO_3 55 g を含む温度 60°C の飽和水溶液がある。この水溶液の温度を上げて水の一部を蒸発させたのち、 10°C まで冷却したところ、硝酸カリウム 48 g が析出した。蒸発した水の質量 [g] はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 10°C および 60°C における硝酸カリウムの溶解度をそれぞれ 20, 110 とする。

問4 下線部 (i) で得られた溶液の温度を 10°C にまで冷却した結果、58 g の純粋な硝酸カリウム KNO_3 が得られた。粉末 A に含まれるホウ酸 H_3BO_3 の質量パーセント (質量における百分率) [%] はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 10°C における硝酸カリウムおよびホウ酸の溶解度をそれぞれ 20, 3.0 とし、この溶液中でホウ酸と硝酸カリウムは反応を起こさず、また、ホウ酸と硝酸カリウムの溶解度は他の溶解している物質の影響を受けないものとする。

『余 白』

問5 温度 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水 100 g に溶解する硫酸ナトリウム十水和物 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の最大質量 $[\text{g}]$ はいくらか。整数値で答えよ。また、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ において、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の最大質量が溶解した溶液の硫酸ナトリウム Na_2SO_4 の質量モル濃度 $[\text{mol/kg}]$ はいくらか。有効数字2桁で答えよ。ただし、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ における硫酸ナトリウムの溶解度を **40** とする。

問6 硝酸カリウム KNO_3 の溶解度は、温度の上昇に伴って増大する。対照的に、硫酸リチウム Li_2SO_4 の溶解度は、温度の上昇に伴って低下する。このように硝酸カリウムと硫酸リチウムの溶解度の温度変化が異なる理由は何か。ルシヤトリエの原理に基づいて、解答欄の「化合物により」に続けて、**20** 字以内で説明せよ。

『余 白』

下書き用紙

3

次の記述を読んで、問い（問7～問12）に答えよ。

（34点）

濃硫酸は吸湿性が高く、濃度が変化しやすいため、正確な濃度の希硫酸を濃硫酸から直接調製することは難しい。正確な濃度の希硫酸を調製するためには、まず、目的の濃度よりも濃度が高い希硫酸を調製し、その濃度を中和滴定で正確に求める。その後、目的の濃度となるように、希硫酸を正確に希釈する。

濃度 0.0500 mol/L の希硫酸を調製するために、以下の実験を行った。

まず、濃硫酸を用いて、調製操作1～4で濃度約 0.1 mol/L の希硫酸 (A) を調製した。

〔調製操作〕

1. 蒸留水約 150 mL を適切なガラス器具に入れる。
2. 硫酸（約96%） 12 mL を量りとり、冷却しながらゆっくりと に を加え、よく混ぜる。
3. 室温で、操作2の液体の体積を蒸留水で 200 mL にする。
4. この硫酸水溶液 10 mL を量りとり、蒸留水を加えて全量を 100 mL にする。

このようにして調製した希硫酸 (A) の正確な濃度を求めるため、次の中和滴定を行った。

〔①〕を取り付けた〔②〕を用いて希硫酸 (A) 10.0 mL を正確に量りとり、〔③〕に入れた。これに、〔④〕を用いて 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (B) を滴下したところ、中和点に到達するまでに 19.4 mL が必要であった。

中和滴定の結果にもとづいて、(i) 希硫酸 (A) $X \text{ mL}$ を蒸留水で正確に希釈して、濃度 0.0500 mol/L の希硫酸 (C) を 100 mL 調製した。

このようにして調製した(ii) 0.0500 mol/L の希硫酸 (C) 10.0 mL に 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (B) を加えて滴定し、pH 変化のグラフ（滴定曲線）を作成した。

『余 白』

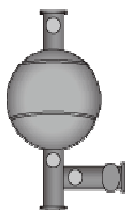
問7 文中の [①] ~ [④] に入る適切な器具を図 (ア) ~ (オ) より選び、記号とその名称を記入せよ。



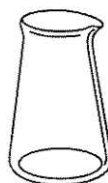
(ア)



(イ)



(ウ)



(エ)



(オ)

問8 操作2の および に入る適切な化合物名を記入し、操作文を完成せよ。

問9 希硫酸 (A) のモル濃度 [mol/L] はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

問10 下線部 (i) の希硫酸 (A) の X [mL] はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

問 1 1 下線部 (ii) の滴定で、**8.50 mL**の水酸化ナトリウム水溶液 (**B**) を加えた時の水溶液の水素イオン濃度 [mol/L] はいくらか。有効数字 2桁で答えよ。また、この水溶液の**pH**はいくらか。有効数字 2桁で答えよ。ただし、希硫酸の電離度を**1.00**とする。必要ならば、 **$\log_{10}3 = 0.48$** として計算せよ。

問 1 2 下線部 (ii) の滴定で予想される滴定曲線を描け。ただし、希硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の電離度を **1.00** とする。

『余 白』

下書き用紙

4

次の記述を読んで、問い（問13～問18）に答えよ。

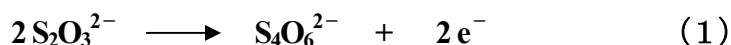
（34点）

酸素は空気や水、地殻中の岩石、有機化合物などの構成元素である。また、空气中に酸素分子として体積比で約 [ア] % 存在する。酸素は、[a] 色、無臭の気体で、多くの元素と反応して酸化物をつくる。酸素は、実験室では [イ] の水溶液に触媒として酸化マンガン(IV)を加えるか、または、⁽ⁱ⁾ 塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV)を触媒として加え加熱することによって得られる。工業的には、[ウ] の分留で得られる。

オゾン⁽ⁱⁱ⁾は酸素の [エ] で、特異臭のある [b] 色の気体で、分解されやすく、強い酸化剤として働く。オゾンは酸素に強い [オ] を当てるか、酸素中で放電を行って製造する。

酸化剤と還元剤は酸化還元反応により、一定の物質量の比で反応する。この量的関係を利用し、中和滴定と同様の操作で、酸化剤や還元剤の濃度を求めることができる。これを用いて、窒素ガス中のオゾンの量を測定するために、次のような実験を行った。

【実験】 ⁽ⁱⁱ⁾ オゾンを含む窒素ガス 50.0 mL (27°C, 1.00 × 10⁵ Pa) を十分量のヨウ化カリウム水溶液に通して [カ] を遊離させた。この遊離した [カ] を **0.0100 mol/L** のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、**5.60 mL** で終点に達した。滴定終点近くで滴定中の溶液に ⁽ⁱⁱⁱ⁾ デンプン水溶液を数滴加えると溶液は [c] 色となり、終点に達すると [d] 色となった。ただし、窒素とオゾンは反応せず、窒素ガス中のオゾンのみがヨウ化カリウムと完全に反応して [カ] を遊離させる。生成した [カ] はすべてチオ硫酸ナトリウムと反応し、反応は完全に進むものとする。また、チオ硫酸イオンは下記の (1) 式に従って、還元剤として作用する。



『余 白』

問13 文中の [ア] ~ [カ] に適切な数値または語句を記入し, [a] ~ [d] には適切な色を下から選べ。ただし, 色は重複して用いてもよい。

[無, 白, 黄, 橙赤, 赤, 赤褐, 淡青, 青紫]

問14 下線部 (i) の反応を化学反応式で書け。

問15 下線部 (ii) の反応を化学反応式で書け。

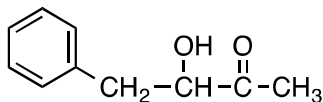
問16 下線部 (ii) の反応で遊離した [カ] の物質質量 [mol] はいくらか。
有効数字 2 桁で答えよ。

問17 下線部 (ii) の窒素ガスに含まれていたオゾンのモル分率 (物質量の割合) はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 気体は理想気体としてふるまうものとする。

問18 下線部 (iii) の反応の名称を書け。

5

炭素，酸素，水素からなる化合物に関する記述を読んで，下記の問い（問19～問24）に答えよ。ただし，構造式を書く場合は，例にならって書け。（39点）



構造式の例

- A**～**E** はいずれも 2 個の酸素原子をもっており，**A**～**C** は同じ分子式の化合物である。このうち，**B** の 27.2 mg を元素分析装置で完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 70.4 mg，水 14.4 mg を得た。また，**D**，**E** の分子式は，元素分析と分子量から，いずれも $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2$ であった。
- C** はベンゼン環に 1 つの置換基をもつ。一方，**A**，**B** は，ベンゼン環にパラ(*p*)位の関係にある 2 つの置換基をもつ（パラ置換体という）。**D**，**E** は，いずれも 1 置換ベンゼンとパラ置換ベンゼンの 2 つのベンゼン環をもつ。
- 過マンガン酸カリウムの水溶液に **B** を加えて加熱した後，酸性にするとジカルボン酸 **F** が得られた。この **F** は，**A** を酸化しても得られた。(i) **F** とエチレングリコールを重合させると，合成樹脂が得られる。
- C**，**D**，**E** はエステル結合を 1 つもつ。エステル部分を加水分解すると，**C** からは，酸性物質 **G** と中性物質 **H** が得られた。また，**D** からはともに酸性物質である **J** と **K** が得られた。**E** からはともに酸性物質である **B** と **L** が得られた。**H** と **K** は構造異性体の関係である。
- A**，**G** はいずれも還元性がある。(ii) **A** をフェーリング液と反応させると，赤色の沈澱を生じた。**K**，**L** に塩化鉄(III)水溶液を加えると，青～赤紫色を呈した。**B**，**F**，**G**，**J** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると，二酸化炭素が発生した。
- J** は，**H** を酸化すると得られた。また，**L** はクメン法によって合成できた。

*補足説明

- ・文中に使用されている化合物の記号は，**A**，**B**，**C**，**D**，**E**，**F**，**G**，**H**，**J**，**K**，**L** である。
- ・上記 5. について，
記述中の「沈澱」は「沈殿」と同意である。

問19 化合物Bの分子式を書け。

問20 化合物GとJの名称を書け。

問21 化合物A～Dの構造式を書け。

問22 HとKの構造異性体のうち、ベンゼン環とエーテル結合をもつ化合物の構造式を書け。

問23 下線部(i)に関する下記の記述のうち、正しいものに○印を、間違っているものに×印を記入せよ。

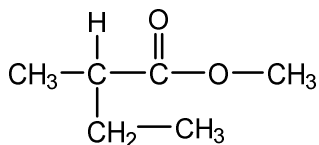
- (a) エチレングリコールは、2つのヒドロキシ基をもつ。
- (b) この重合は、付加重合である。
- (c) この合成樹脂は、ポリエステルである。
- (d) ペットボトルは、この合成樹脂から作られる。

問24 下線部(ii)の反応に関する下記の記述の[ア]～[カ]に適切な語句、化合物名あるいは数字を記入せよ。

フェーリング液の中には、[ア]価の[イ]イオンが存在しており、これがA中に存在する[ウ]基によって[エ]され、赤色の[オ]の沈殿が生じる。同時に、[ウ]基は[カ]される。

6

次の記述を読んで、問い（問25～問29）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（24点）



構造式の例

1. 化合物 **A** および **B** をそれぞれ加水分解すると、**A** からは α -アミノ酸 **C** と酸性物質 **E** と中性物質 **F** が生成し、**B** からは α -アミノ酸 **D** と酸性物質 **E** と中性物質 **F** が生成した。**F** の分子量は **60** であった。ただし、アミノ酸 **C**、**D** は天然のタンパク質を構成するアミノ酸である。
2. **F** を酸化すると、化合物 **G** を経て **E** が生成した。
3. **A** は分子式 $\text{C}_9\text{H}_{17}\text{NO}_4$ で表されるエステル結合を **2** つもつ塩基性化合物である。
4. **A** とアミノ酸 **D** とを脱水縮合させた後、エステル結合のみを加水分解すると、ジペプチド **H** が生成した。**H** には不斉炭素原子が **1** つ存在した。

問25 化合物 **B**、**E**、**G** および **H** の構造式を書け。なお、**H** の構造式については、解答欄の四角の枠中に適切な構造を記入せよ。

問26 アミノ酸 **C** の双性イオン（両性イオン）の構造式を書け。

問27 アミノ酸Dの名称を書け。

問28 次の記述のうち正しいものに○印を，間違っているものに×印を記入せよ。

- (a) Bは，アミド結合をもつ。
- (b) Cは，酸性アミノ酸である。
- (c) Fは，ヨードホルム反応を示す。
- (d) Gは，銀鏡反応を示す。

問29 アミノ酸Dの100分子を脱水縮合して得られた直鎖状ポリペプチドの分子量はいくらか。整数値で答えよ。

『余 白』

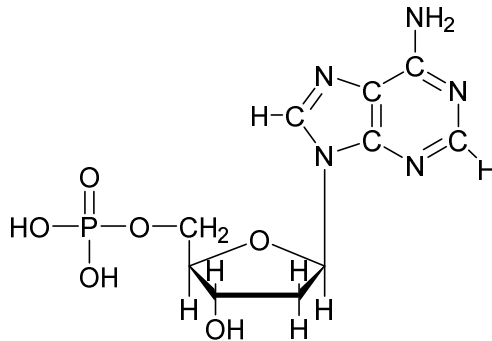
7

次の記述を読んで、問い（問30～問32）に答えよ。

（23点）

すべての生物の細胞には核酸とよばれる高分子化合物が存在し、その生物のもつ遺伝情報を次世代に伝える重要な役割を果たしている。

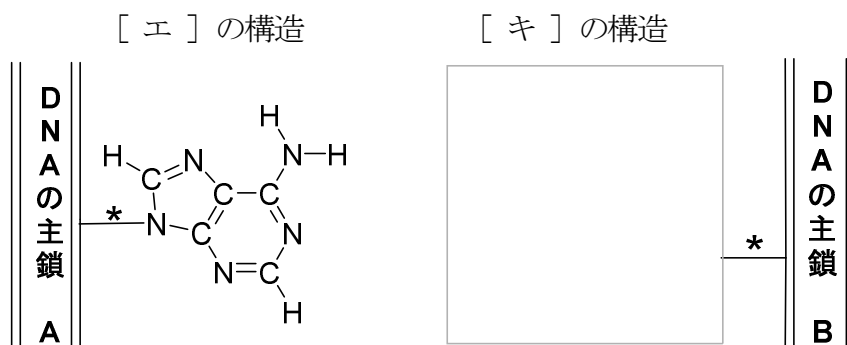
核酸にはデオキシリボ核酸（DNA）とリボ核酸（RNA）がある。核酸の構成単位は〔ア〕といい、〔ア〕は窒素を含む環状構造の塩基と糖とリン酸各1分子が結合した化合物である。DNAとRNAの構造上の大きな違いの1つは、それらの構成単位の糖であり、DNAには〔イ〕、RNAには〔ウ〕という異なる糖が含まれている。DNAとRNAを構成する塩基は、それぞれ4種類ずつあり、そのうち略号Aで表される〔エ〕、略号Gで表される〔オ〕、略号Cで表される〔カ〕の3種類は共通である。残り1つの塩基は、DNAでは略号Tで表される〔キ〕であるが、RNAでは略号Uで表される〔ク〕である。2本の鎖状のDNA分子は二重らせん構造をとっており、⁽ⁱ⁾この2本鎖は一方の鎖中の塩基と、他方の鎖中の塩基との間で水素結合している。DNAの4種類の塩基のうち、〔エ〕と〔キ〕は2本の水素結合で、〔オ〕と〔カ〕は3本の水素結合で、それぞれ塩基対をつくっている。



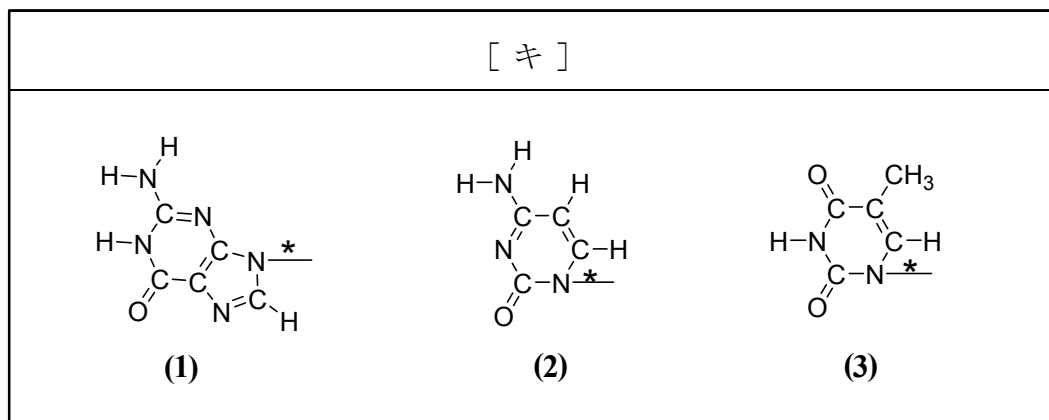
〔ア〕の例

問30 文中の〔ア〕～〔ク〕に適切な語句を記入せよ。

問3 1 DNAの二重らせん構造の中で、[エ]と[キ]は、水素結合を形成している。[キ]を下の図の(1)～(3)から選び、番号を解答欄の[ケ]に記入せよ。さらに、[キ]の構造を解答欄の□に適切に配置して、[エ]と[キ]の間に形成される水素結合を点線・・・で表せ。ただし、水素結合を表す際は、解答用紙の四角の枠は無視せよ。



— * — はDNAの主鎖と塩基の結合を示す。



問3 2 下線部(i)において、ある2本鎖DNAの塩基の組成(モル分率)を調べたところ、[オ]が26%であった。このとき、[エ]は何%か。有効数字2桁で答えよ。

『以上』